

تأثير العرض

الجرمورياني ، القاعدة التي أوجدها
س. ف. جاوس (١٧٧٧ - ١٨٥٥) والمعروفة
باسم قاعدة الفصح لجاوس .

latitude effect
effect de latitude (sm)
Breiteneffekt (sm)

← ظاهرة القطب .

تاريخ الفلك

history of astronomy
histoire de l'astronomie (sf)
Geschichte der Astronomie (sf)

← علم الفلك .

التاريخ الجولياني

Julian date
date julienne (sf)
Julianische Datum (sm)

تاريخ نحصى تبعاً له الأيام تبعاً لإبتداء من
يوم أول يناير عام ٤٧١٣ ق. م ← التقاويم .

التألق

twinkling, scintillation
scintillation (sf)
Szintillation (sf)

هو تألق النجوم ، ويتكون من تأرجحات سريعة

التأرجح

Flare

← الاضطرابات الشمسية .

تاريخ سماء النجوم الثابتة

Geschichte des Fixsternhimmels (sf)

← المصنفات النجومية .

تاريخ عيد الفصح

easterday
pâques (sm)
Osterdatum (sm)

على حسب ما تمحدد في مجلس نيس (٣٢٥) من
قاعدة قابتة يحل عيد الفصح يوم الأحد الأول بعد
البدر الأول في الربيع . ونظرا لحركة القمر المعقدة فإن
الحساب الدقيق لعيد الفصح ليس سهلا . ويستخدم
حاليا لحساب تاريخ عيد الفصح في التقويم

تاريخ أول أيام عيد الفصح

للفترة بين ١٩٦٠ - ٢٠٠٠

١٥ أبريل ١٩٩٠	٦ أبريل ١٩٨٠	٢٩ مارس ١٩٧٠	١٧ أبريل ١٩٦٠
٣١ مارس ١٩٩١	١٩ أبريل ١٩٨١	١١ أبريل ١٩٧١	٢ أبريل ١٩٦١
١٩ أبريل ١٩٩٢	١١ أبريل ١٩٨٢	٢ أبريل ١٩٧٢	٢٢ أبريل ١٩٦٢
١١ أبريل ١٩٩٣	٣ أبريل ١٩٨٣	٢٢ أبريل ١٩٧٣	١٤ أبريل ١٩٦٣
٣ أبريل ١٩٩٤	٢٢ أبريل ١٩٨٤	١٤ أبريل ١٩٧٤	٢٩ مارس ١٩٦٤
١٦ أبريل ١٩٩٥	٧ أبريل ١٩٨٥	٣٠ مارس ١٩٧٥	١٨ أبريل ١٩٦٥
٧ أبريل ١٩٩٦	٣٠ مارس ١٩٨٦	١٨ أبريل ١٩٧٦	١٠ أبريل ١٩٦٦
٣٠ مارس ١٩٩٧	١٩ أبريل ١٩٨٧	١٠ أبريل ١٩٧٧	٢٦ مارس ١٩٦٧
١٢ أبريل ١٩٩٨	٣ أبريل ١٩٨٨	٢٦ مارس ١٩٧٨	١٤ أبريل ١٩٦٨
٤ أبريل ١٩٩٩	٢٦ مارس ١٩٨٩	١٥ أبريل ١٩٧٩	٦ أبريل ١٩٦٩
٢٣ أبريل ٢٠٠٠			

الطيف. وعن تألق المنابع الراديوية ←
التألق الراديوي.

التألق البين كوكبي

interplanetary scintillation
scintillation interplanétaire (sf)
interplanetarer Szintillation (sf)

← التألق الراديوي

التألق الراديوي

radio - scintillation
scintillation radioélectrique (sf)
Radioszintillation (sf)

تأرجح سريع غير منتظم في شدة إشعاع المنابع الراديوية تسببه الاختلافات في كثافة الإلكترونات في المناطق التي يخترقها الشعاع الراديوي؛ ففي الطبقات ذات الكثافة الإلكترونية المتغيرة يتغير شكل جبهة الموجة بحيث يؤدي (كما في ← التألق) إلى تأرجح في كل من اتجاه وشدة الإشعاع. يحدث التألق الراديوي الأيونوسفيري نتيجة لتغير كثافة الإلكترونات في طبقة الأيونوسفير وخصوصا في طبقة F_2 على إرتفاع حوالى ٢٠٠ كم من سطح الأرض. كما يحدث التألق الراديوي البين كوكبي بسبب تغير كثافة الإلكترونات في غاز ما بين الكواكب. ومثل التألق البصري فإن التألق الراديوي يُشاهد فقط بالنسبة للأجسام ذات القطر الزاوي الصغير. ويتطلب الإحساس بالتألق الراديوي بين الكوكبي أن يكون الجسم أصغر من ١°.

التأين

ionisation
ionsiation (sf)
Ionisation (Sf)

هو تحول الذرات (والجزيئات) إلى جسيمات ذات شحنة، أى أيونات. وتُميز الأيونات بوضع علامة (+) زائد أو علامة (-) ناقص فوق الرمز الكيميائي للعنصر ناحية الخلف. ويكون عدد هذه العلامات مساويا لعدد الشحنات على الذرة (أو الجزيء) سواء بتكرار العلامة أو بوضع عدد قبل

وغير منتظمة في كل من لمعان واتجاه ضوء النجم. ويظهر تذبذب اتجاه ضوء النجم (عدم استقرار الهواء) خلال الأرصاد بالمنظار على هيئة رقص لصورة النجم هنا وهناك، الأمر الذى يؤدي إلى زيادة في مساحة قرص النجم على اللوح الفوتوغرافي. والتألق في كل من الاتجاه والشدة ينتج عن ظواهر في الغلاف الجوى الأرضي، تتحرك مع اضطرابات الهواء. وهذه عبارة عن عناصر اضطرابات تبلغ أقطارها في المتوسط ١٠ سم ولها اختلافات بسيطة في درجة الحرارة والكثافة عما حوّلها، تجعل معامل الانكسار مختلفا في هذه العناصر عما يحاورها من مناطق. وإذا ما وجدت هذه العناصر الاضطرابية في مسار الإشعاع، فإن ضوء النجم يعاني من تغير في اتجاهه وشدة لمعانه. ويحدث التألق في الاتجاه في الغالب بفعل الطبقات الهوائية القريبة من الأرض (إرتفاعات أقل من ٢٥ م) بينما ينشأ التألق في شدة الضوء - ويستعمل لها فقط إصطلاح تألق - أساسا في الطبقات العليا (من ٨ إلى ١٢ كم). وتعتمد شدة التألق على كل من الظروف الجوية والوقت من النهار؛ فهي تصل عند الظهر إلى أقصى قيمة لها.

وليس لأى من الشمس والقمر أو الكواكب أى تألق بالنسبة للعين المجردة، وذلك لأن تألقها قليل جدا، حيث أنها عبارة عن منابع ضوئية ذات إمتداد زاوى محسوس أما في أثناء مشاهدة هذه الأجرام السماوية بالمنظار فيتضح التألق في عدم حدة صورها. ويعمل التألق على وضع حد طبيعى لقوة تفريق المنظار وبسببه لا يمكننا على سبيل المثال رؤية أبة تفاصيل منفصلة على سطح القمر. علاوة على ذلك فإن التألق يُفقد كل تكبير زائد للصورة معناه.

وفي حالة النجوم القريبة من الأفق يحدث التألق مع ألعاب ضوئية مسلية، التألق. وينتج التبديل في اللون بفعل قوة تفريق غلاف الأرض الجوى لضوء النجم إلى طيف واضح الطول وبالتالى فإن كتلة هوائية لا تؤثر في نفس الوقت على كلى أجزاء

فولت . وللهيدروجين نجد هذا الحد عند حوالى ٩١٢ أنجستروم ، أى ١٣٦٦ إلكترون فولت .

ينهدم التأين عن طريق إقتناص الأيون للإلكترون طليق وتسمى هذه العملية بالإنحداد أو إستئاف الإنحداد . ويحدث معها إشعاع كم ضوئى تساوى طاقته طاقة التأين مضافا إليها طاقة الحركة التى كان عليها الاليكترون قبل الإنحداد . وفى الغالب يحدث الإنحداد مع الاليكترونات ذات طاقة الحركة البسيطة ، أى التى تتحرك ببطء بالنسبة للأيونات .

تُعبّر درجة التأين عن النسبة المثوية للذرات المثانية . ولحساب ذلك أعطى الفيزيائى الفلكى الهندى «سأها» (١٨٩٣ - ١٩٥٦) معادلة ، تلعب دورا فاصلا فى الفيزياء الفلكية . وتقول معادلة سأها أن درجة التأين تزداد بزيادة درجة الحرارة ، ولكن بدرجة أقل كلما زاد عدد الاليكترونات فى وحدة الحجم (سم^٣) ، إذ بذلك يكثر العرض على الإنحداد :

عدد الجسيمات المثانية = دالة درجة الحرارة
عدد الجسيمات غير المثانية عدد الاليكترونات الحرة

وعن طريق معادلة «سأها» أصبح ممكنا فهم تنابع الأنواع الطيفية .

تنشأ الأيونات ذات الشحنة السالبة عندما تراكم إلكترونيات أخرى على الحالة الإليكترونية التامة للذرة المتعادلة (أو الأيون) . وفى الأبحاث الفلكية يلعب أيون الهيدروجين السالب H⁻ دورا كبيرا . يتكون هذه الأيون من بروتون كنواة ذرة وحوله فى حالة الإليكترونات إلكترونان . ويمكن أن ينفصل الإليكترون الزائد بامتصاص إشعاع من النطاق المرئى للطيف . وهذه الظاهرة أثر فعال بالنسبة للإمتصاص فى أجواء النجوم .

تايجيتا

Taygeta

أحد نجوم حشد — الثريا .

العلامة مساويا لتكرارها ، مثل Na⁺ ، Na²⁺ (أو الأيونات الموجبة نضع عددا روميا بعد الرمز الكيماوى للعنصر ، بحيث يعنى I ذرة متعادلة ، II ذرة مثانية مرة واحدة ، III التأين مرتين . . . وهكذا) على سبيل المثال H^I ، H^{II} ، Na^{III} ، Ca^{IV} . وعلى ذلك فإن الرمزان a⁺ ، Ca^{II} لها نفس الدلالة على الكالسيوم المثان مرة واحدة .

تلعب الأيونات الموجبة فى الفلك دورا خاصا . وما يتم فى عملية التأين هو إفتراق إلكترون عن هاله الذره . والذره عبارة عن نواة ذات شحنة موجبة ، تكون الجزء الأساسى من كتلة الذرة ، ومن حولها الاليكترونات ، ذات الشحنة السالبة . وتتحرك الاليكترونات حول النواة (— تركيب الذرة) . وفى الحالة العادية فإن الشحنتين السالبة والموجبة متكافئتان بحيث تظهر النواة بالنسبة لمن خارجها متعادلة .

وإذا ما أعطيت الذرة كمية كافية من الطاقة فإنه يمكن فصل إلكترون (أو أكثر) ويكون الباقي مشحونا بشحنة موجبة . ويحدث التأين فقط إذا بلغت الطاقة المعطاة قيمة صغرى تسمى طاقة التأين . فإذا ما زادت الطاقة الداخلة إلى الذرة عن هذا القدر يأخذ الإليكترون المنفصل فرق الطاقة على هيئة طاقة حركة . ويحدث إعطاء الطاقة فى حالة التأين الاصطدامى عن طريق اصطدام الذرات بالإليكترونات أو بالذرات الأخرى . وفى حالة التأين الضوئى عن طريق إمتصاص كم ضوئى . ولما كانت طاقة الكم الضوئى تعتمد على طول الموجة - وبالتحديد تزداد بقصر طول الموجة - فإنه يمكن معرفة المواضع فى الطيف التى يمكن أن يحدث ضوء أقل منها فى طول موجته (أى أكثر منها فى طاقته) تأينا . وهذه الحدود فى طول الموجة تقدر على سبيل المثال بالنسبة للهليوم بحوالى ٥٠٢ أنجستروم ، أى ما يعادل ٢٤٦٦ إلكترون

تبادر الاعتدالين

precession
précession (sf)
Präzession (sf)

← السبق .

التابع الرئيسي

main sequence
séquence principale (sf)
Hauptreihe (sf)

شريط ضيق في ← شكل هرتز
سرنج - رسل ، يحتوى معظم النجوم .

تابع القطب (الشمالي)

north pole sequence
séquence du pôle Nord (sf)
Nordpolarsequenz (sf)

تماما مثل التابع القطبي . سلسلة من لمعان مقاسة
بدقة لنجوم في المنطقة القريبة من القطب الشمالي .
ويستخدم التابع القطبي كنظام عيارى للمعان في
الفوتومتري الفلكي ، ويحتوى على قياسات أعداد
فوتوغرافية (m_{ph}) وفوتوغرافية بصرية
(m_{pv}) تمتدان من القدر الثانى حتى القدر
العشرين . وبواسطة هذه المعايير يقارن لمعان النجوم
غير المعروف . ولما كانت نجوم التابع القطبي لها تقريبا
نفس المسافة القطبية ، لذلك فإنه يسهل نسبيا
إستخراج قيمة الإستبعاد ، الذى لابد من تداركه
عند قياس اللمعان .

أعطت القياسات الحديثة إختلافات في عمر
التابع القطبي ، ولذلك فإن الفوتومتري الدقيق حاليا
يعاير على مجموعات ، أمكن بأقصى دقة قياس لمعانها
بالطريقة الفوتوكهربية . وموزعة في كل أنحاء السماء .

التبع

guiding
guidage (sf)
Nachführung (sf)

هي حركة ← المنظار مع الحركة اليومية
الظاهرية للجرم السماوى .

التثليث

triangulation
triangulation (sf)
Trigonalschein (sm)

أحد ← الأوضاع النسبية للأرض
والكواكب مع الشمس .

التجانس

homogeneity
homogénéisation (sf)
Homogenität (sf)

← فرض التجانس .
الكسولوجى .

التجمع

association
association (sf)
Association (sf)

- (١) ← نظرية التجمع .
(٢) ← التجمعات النجمية .

تجمع - T

T - association
association - T (sf)
T - Association (sf)

إحدى ← التجمعات النجمية

التجمعات النجمية

stellar association
association stellaire (sf)
Sternassociation (sf)

هي تجمعات محلية من النجوم المتشابهة مع بعضها
فيزيائيا . وفي الحقل النجمى الذى يحتله تجمع نجومى
توجد أيضا نجوم أخرى . وعلى ذلك فإن الكثافة
الكلية الناتجة من التجمع والنجوم المجالية معا أكبر ،
وإن كانت بقليل ، عن الحقول النجمية المجاورة .
وبذلك فإن التجمعات النجمية تمثل أقل الحشود
النجمية كثافة . وهناك نوعان من التجمعات :

- (١) تجمعات - O :

التي يتكون أساسا من نجوم النوع الطيفى ()
ونجوم النوع الطيفى BO

(٢) تجمعات - T :

وأغلب أعضائها أساسا من متفرات T - الثور (RW العنّاز) .

تتراوح أقطار التجمعات النجمية بين ٣٠ ، ٢٠٠ بارسك أى أنها أكبر بكثير من الحشود النجمية المفتوحة ذات الكثافة الأعلى . وبسبب كثافتها المنخفضة فإن التجمعات النجمية ليست ذات أشكال ثابتة . فتحت تأثير لإحتكاك من الدوران التفاوت في مجموعة سكة التبانة وكذلك قوى المد والجزر ، التى تتأثر بها التجمعات أثناء المرور القريب من الحشود النجمية أو السحب غير لجمية ، فإن التجمعات النجمية تعانى من تفكك سريع فى خلال من ١٠ إلى ٢٠ مليون سنة . من هنا فإن التجمعات النجمية التى نشاهدها لا يمكن أن تكون أكبر سنا من بضع ملايين السنين . وهى تعد بذلك من أصغر الأشكال سنا فى مجموعة سكة التبانة . تسمى التجمعات النجمية إلى الجمهرة الأولى . ولما كان من الواضح أن التجمعات النجمية لم تتكون بالتجمع التدريجى لنجوم - O أو نجوم - T - الثور من النجوم المجالية ، لذلك لا بد أن تكون هذه التجمعات قد نشأت كمجموعة فى نفس الوقت تقريبا . ويمكن لبعض التجمعات النجمية الممتدة أى من الحركات المرصودة لأعضائها ، وضع إفتراض يقضى بأن هذه الأعضاء من النجوم قد نشأت تقريبا فى نفس الوقت وفى منطقة ضيقة نسبيا . وهذا الإفتراض يُمكن من إستنتاج عمر التجمع . وتبعاً « لبلاووف » ينتج على سبيل المثال لتجمع - O فى كوكبة برشاوش عمرا حوالى ١,٥ مليون سنة .

إكتشفت التجمعات النجمية خلال دراسة التوزيع الظاهرى لنجوم - O ، B وكذلك نجوم - T - الثور . وفى هذا الشأن فإن التجمعات النجمية تظهر كزيادة فى كثافة النجوم عند أماكن محدودة على الكرة السماوية . وقد نتج من دراسة ظروف حركة النجوم كل على حده ، خصائص إضافية يمكن عن طريقها عمل إستنتاجات حول

الإلتواء العضوى للمجموعات . يبلغ العدد المعروف من تجمعات - O حوالى ٧٠ والعدد الكلى لما يقدر وجوده فى مجموعة سكة التبانة يصل من حوالى ١٠٠ إلى ١٠٠٠٠ تجمع ، وجزء كبير منها تخفيه مادة ما بين النجوم عن الأرصاد . وكمثال لتجمع - O نذكر نجوم الحزام فى برج الجبار . ومن تجمعات - T فإننا نعرف أقل بكثير ذلك لأن اللعان المطلق لأعضائها من النجوم صفر

إكتشفت التجمعات النجمية كشكل قائم بذاته فى مجرة سكة التبانة بواسطة الفلكى السوفيتى « أمبارتسوميان » . ويمكن أيضا فى المجموعات النجمية الخارجية مشاهدة تجمعات - O ، مثلا فى سديم المرأة المسلسلة وفى سحج مجلان .

التجمع

accretion
accretion (sf)
Accretion (sf)

← نظرية التجمع .

التحجب (تحجب سطح الشمس)

granulation
granulation (sf)
Granulation (sf)

هو التركيب الحبيبي لسطح الشمس . وتسمى الأشكال اللامعة فى هذا التركيب بالحبيبات ؛ ← الشمس .

تحت الأحمر

infrared
infrarouge
Infrarot, Ultrarot

هو حيز فى ← الطيف ناحية الموجات الأطول بعد الأحمر . والأشعة تحت الحمراء غير رئية وأطوال موجاتها تزيد عن ٨٠٠٠ أنجستروم .

تحت العالقة

subgiants
sous - géantes (pf)
Unterriesen (pm)

نجوم توجد فى ← شكل هرتزسبرنج -

رسل بين فرع العالقة والتتابع الرئيسى ؛ وتنتمى تلك النجوم إلى القوة الإشعاعية IV .

تحت الأقزام

subdwarfs
sous-naines (pf)
Unterzwerg (pm)

نجوم موجودة في ← شكل هرتز سبرنج - رسل تحت التتابع الرئيسى ؛ وتنتمى إلى القوة الإشعاعية VI .

تحديد العمر

age determination
determination de l'âge (sf)
Altersbestimmung (sf)

توجد طرق كثيرة تختلف عن بعضها لتحديد أعمار الأجرام السماوية وتنتجها موثوق بها إلى حد ما . إن جميع هذه الطرق تتفق في النتيجة الهامة وهي أنه حتى الآن ليس هناك جسم سماوى يزيد عمره عن ١٢ إلى ١٥ بليون سنة ، ولكنه توجد أعمار دنيا تختلف جزئيا عن بعضها وليس من الممكن مقارنتها مع بعضها .

(١) لتحديد عمر الأرض نستعين بالمواد المشعة الموجودة في صخورها والتي تتحول في زمن محدد إلى نواتج ثابتة . والزمن الذى يتحول فيه نصف المادة - زمن التحول النصفى - يمكن إيجاداه بسهولة وبدقة . هذا الزمن لا يعتمد على العوامل الطبيعية . ومن كمية المادة المشعة وكمية المادة الثابتة الناتجة وبواسطة زمن التحول النصفى يمكن تحديد عمر الصخر أو المعدن . نفترض هذه الطريقة أن الناتج نشأ فقط نتيجة لتحلل المادة المشعة ولم يكن موجودا منه أى جزء قبل ذلك ، وأن ناتج التحلل الإشعاعى كله موجود في وقت تحديد العمر . وفي هذا الشأن يميز بين الطرق الآتية :

(أ) في إحدى الطرق يستخدم اليورانيوم أو الثوريوم . ويتحول اليورانيوم (U) والثوريوم (Th) بفعل إشعاعها لنواة ذرة الهليوم خلال سلسلة معينة إلى نواة ثابتة من الرصاص والهليوم . ويمكن

بدقة حساب أنه من ١ جم يورانيوم ذو العدد الوزى ٢٣٨ (^{238}U) وفي مدة ٤.٥ × ١٠ سنة تحلل نصف عدد الذرات . بعد هذه الفترة الزمنية ، إلى تمثل زمن نصف التحول ، يتبقى ٥.٠ جم ^{238}U ، ٤.٣ جم رصاص ذو العدد الوزى ٢٠٦ ^{206}Pb ، ٠.٧ جم هليوم . وبعد مرور ضعف هذا الزمن فإن نصف اليورانيوم المتبقى يتحلل وهكذا . من ذلك نستنتج أنه يمكن بمعرفة محتوى النواتج من الرصاص والهليوم في الصخور إلى وجد بها ^{238}U ، أو ^{232}Th مشع ، كما يمكن إستنتاج الزمن الذى إنقضى منذ نشأة الصخر . وفي الطريقة المعروفة بطريقة الرصاص يقدر الباحث النسبة الوزنية من ^{238}U أو ^{232}Th إلى الرصاص أما في الطريقة المعروفة بطريقة الهليوم فيقدر الباحث النسبة الوزنية لأى من ^{238}Th أو ^{238}U إلى الهليوم .

(ب) وتعتمد طريقة أخرى على فحص المواد المشعة إلى تتحلل مباشرة إلى مواد ثانية مثل البوتاسيوم ^{40}K الذى يتحول مباشرة إلى نظير الكالسيوم ^{40}Ca ، أو إلى الأرجون ^{40}A . بحيث تبلغ قيمة الكالسيوم ٩٠٪ والأرجون ١٠٪ فقط . تطبق طريقة البوتاسيوم - أرجون للمعادن التى يزيد عمرها قليلا عن ١٠ ملايين سنة . أما طريقة البوتاسيوم - كالسيوم فتستعمل للمعادن التى يصل عمرها حوالى بليون سنة .

(ج) وفي طريقة ثالثة يستخدم تحلل الروبيديوم المشع ^{87}Rb إلى النظير الثابت من الإسترانشيوم ^{87}Sr . وقد أعطت طريقة الروبيديوم - إسترانشيوم عمرا يقدر حوالى ٣ بلايين سنة .

وعلى العموم فإن أعمار الأرض التى حُصل عليها من الطرق المختلفة تراوح بين ٣.٦ إلى ٤.٦ بليون سنة .

(٢) تستخدم نفس الطرق أساسا لتحديد عمر النيازك ولكن طريقة الهليوم لا تعطى نتائج موثوق

لنجوم - B عبارة عن ٢٢٠ مليون سنة ولنجوم - A بعد أقصى ٢٥٠ مليون سنة وذلك بإفتراض ثبات طاقة الإشعاع طوال الفترة الزمنية ونسأوتها لما هي عليه الآن. يلاحظ أنه في حين أن طاقة إشعاع تلك النجوم ثابتة فإنها مازالت تحتوى على جزء لا يستهان به من الهيدروجين. وهذا يعنى أن عمرها بالتأكيد أصغر كثيرا من الفترة الزمنية القصوى التى تم تقديرها.

ونحصل على نتائج أكبر دقة من دراستنا لتطور النجوم. وفي هذا المجال فإننا نحدد الفترة الزمنية منذ بداية التفاعلات النووية أى منذ وجود النجم على التابع الرئيسى حتى التطور الموجود عليه النجم حاليا. وبالخبرة المكتسبة نستطيع أن نقول بأنه من جهة فإن الفترة الزمنية بين بناء النجم من مادة ما بين النجوم ووصوله إلى التابع الرئيسى صغيرة نسبيا بالقياس بفترة مكثه في ذلك التابع. ومن جهة أخرى فإن الفترة الأولى من حياة النجم، أى قبل الوصول إلى التابع الرئيسى، من الصعب جدا حسابها. وحيث أن تطور النجم يعتمد بدرجة كبيرة على كتلته (← تطور النجوم) فإن للنجوم المتشابهة في التركيب والمختلفة الكتلة أعمار مختلفة عن بعضها. هذا في حين أن الاختلافات في تركيب المادة تلعب دورا أقل أهمية. والفترة الزمنية المنقضية حتى يتحول كلية الهيدروجين، الموجود في المنطقة المركزية، لنجم كتلته ٥ مرات قدر كتلة الشمس إلى هليوم تقدر بحوالى ٥٦ مليون سنة. وتستغرق تلك الفترة الزمنية لنجم كتلته ١٣ مرة قدر كتلة الشمس ٦٥ مليون سنة كى يصل إلى نفس الحالة من التطور. ويمكن كذلك حساب عمر نجوم هالة مجرتنا مستيرين بتطور تلك النجوم. وعليه فلا بد أن تبلغ أعمارها من ١٠٠ إلى ١٢٠ مليون سنة. وهذا عبارة أيضا عن العمر التقديرى لمجرتنا، إذ لا يمكن أن تكون المجرة أصغر من أحد مكوناتها كما لا يمكن أن تكون أكبر بكثير من أقدم النجوم فيها وهى نجوم جمهرة الهاله.

(٥) وبنفس الطريقة فإن عمر الحشود النجمية

بها، حيث يمكن أن يتسبب تحول نوى ذرات أخرى تحت تأثير الأشعة الكونية إلى تغيير كمية الهليوم. وتبدو طريقة البوتاسيوم- أرجون أكثر ضمانا. وقد أعطت تلك الطريقة للنيازك الحجرية عمرا يتراوح بين واحد إلى ٤ بليون سنة وللنيازك الحديدية أعمار تصل إلى ٦ بليون سنة.

(٣) وبالنسبة لصخور القمر أمكن حديثا تطبيق الطرق المذكورة سابقا لتحديد الأعمار. وأعطت طريقة الروبيديوم- إسترانشيوم ٣٦ ر ٣٦ بليون سنة لصخور مغناطيسية من بحر الهدوء كما أعطت طريقة الرصاص نفس القيمة. وتطلبت بعض صخور القمر من نفس الأماكن أعمارا بين ١٦ ر ١٦ إلى ٥ ر ٤ بليون سنة. والصخور التى فحصت من محيط العواصف بواسطة طريقة البوتاسيوم- أرجون بلغ عمرها ٢٠ ر ٢٦ بليون سنة. من ذلك نرى أن الصخور القمرية في الأماكن المختلفة قد تكونت في أوقات مختلفة. ويوجد بالنسبة للصخور الأرضية وصخور القمر والنيازك حد أدنى للعمر هو الذى إنقضى منذ تصلب هذه الصخور. ويستنتج من الاختلافات الكبيرة في تقدير عمر التراب القمرى بأنه نشأ في الأصل وانتقل إلى أماكن كانت مائعة في أزمنة مختلفة تماما وانتقل آخر مرة بواسطة الانفجارات إلى الأماكن التى وجد بها. وأقل تقدير لعمر القمر هو ٥ ر ٤ بليون سنة.

(٤) ويتم تحديد عمر النوع الطبقى المتقدم مثل نجوم O ، B ، A على أساس طاقة إشعاعها. فالطاقة التى يشعها نجم التابع الرئيسى من شكل هرتز سبرنج- رسل تغطيها عملية تحول الهيدروجين إلى هليوم (← إنتاج طاقة النجوم) والطاقة المتحررة أثناء بناء جسم سماوى يمكن تحديدها نظريا. وبذلك يمكن أيضا حساب الفترة الزمنية القصوى التى يظل نجم ما له كتلة معينة يضىء فيها بدرجة ثابتة. وهذا هو عبارة عن الزمن الذى يتحول فيه كل الهيدروجين إلى هليوم، وهو